

청보리 사일리지의 비닐겹수 및 저장기간에 따른 발효품질

송태화¹ · 박태일¹ · 박형호¹ · 윤 창² · 김양길¹ · 박종철¹ · 강천식¹ · 손재한¹ · 김경호¹ · 정영근¹ · 오영진^{1*}

¹국립식량과학원, ²전북대학교

Effect of Film Layers and Storing Period on the Fermentation Quality of Whole Crop Barley Silage

Tae-Hwa Song¹, Tae-Il Park¹, Hyong-Ho Park¹, Chang-Yoon², Yang-Kil Kim¹, Jong-Chul Park¹, Chon-Sik Kang¹, Jae-Han Son¹, Kyong-Ho Kim¹, Young-Keun Cheong¹ and Young-Jin Oh^{1*}

¹Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea,

²Dept. Animal bio, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756

ABSTRACT

This study was undertaken to characterize feed value and silage quality according to storage period and film layers for whole-crop barley silage. The crude protein (CP) content increased in all silage during the storage periods compared to those before silage, this content slightly increased over the prolonged storage period but it was not significant ($p>0.05$). Depending on the film layers of silage, 6 layers were higher than 4 layers. The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents also increased in all silage during storage periods compared to those before silage ($P<0.05$), but they were maintained at similar levels during the storage period. Depending on the film layers of silage, 6 layers were higher than 4 layers. The total digestible nutrients (TDN) content decreased in all silage during the storage periods. However, it was maintained at a similar level for the duration of each storage period. Depending on the film layers of silage, 6 layers were lower than 4 layers. The pH value was decreased during the prolonged storage period and depending on the film layers, 6 layers were lower than 4 layers. In the organic acid contents during the prolonged storage period, lactic acid increased, acetic acid was lower, and butyric acid was significantly higher ($p<0.05$). Depending on the film layers, 6 layers showed higher levels of lactic acid and lower levels of butyric acid ($p<0.05$). Therefore, these results showed that 6 layer wrapping was advantageous for long term storage of whole crop barley silage, while also indicating that it is desirable to use 4 layer wrapping within a six month period.

(**Key words** : Whole crop barley, Storing period, Film layers, Fermentation quality)

I. 서 론

대부분의 가축사료를 수입사료에 의존하고 있는 우리나라는 국제 곡물가의 폭등 등 불안정한 국제 수급환경에 대비하여 국내에서 필요한 사료의 안정적 확보를 위해 국내 자급사료의 개발과 이용효율의 증진이 절실하다. 이러한 맥락에서 청보리, 호밀, 귀리, 트리티케일, 총채밀 등 사료 맥류는 국내 조사료의 자급 현실이라는 기치 아래 등장하게 되었다. 동계 사료작물은 수확 후 주로 사일리지 형태로 유통되고 있는데, 사료맥류의 수확시기 및 저장기간에 따라 사일리지 품질차이가 예상되나, 관련 연구는 많지 않다. 발효단계별 사일리지 품질연구는 1990년대 후반에 주

로 호밀을 대상으로 저장기간이 60일 수준의 단기저장에 대한 연구가 이루어졌고, 랩핑, 첨가제개발 등 사일리지 제조방법과 2차 발효에 대한 연구는 많이 이루어졌으나(2000년 이후), 사료맥류의 저장기간에 따른 품질변화 체계에 대한 연구는 없었다. 생벼짚을 이용한 저장방법과 비닐겹수에 따른 원형근포 사일리지에서 품질차이를 보였으며, 10개월 이상 저장 시는 6겹 이상 비닐을 감는 것이 품질저하를 막을 수 있다고 보고된 바 있다(Kim et al., 2001).

국내에서 사일리지는 주로 베일형태로 유통되고 있고, 그 종류도 다양하다. 사료맥류는 수확을 5월 상순~6월 상순에 하여 사일리지로 제조되지만 이용 시기는 최초 사일리지 제조 40일 이후부터 길게는 이듬 해 새로운 사일리지

* Corresponding author : Young-Jin Oh, Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea.

Tel: +82-63-283-5224, E-mail: ohyj5894@korea.kr

가 생산될 때까지 이용하는 실정이다. 사일리지 발효의 원리에서 볼 때, 발효안정단계에 들어서면 더 이상의 화학적 인 변화가 없지만 국내 유통 사일리지에 관한 이 분야의 연구는 아주 미흡하다. 또한 양질의 사일리지를 가축에게 급여하기 위해서는 맥류의 저장기간별 사일리지 품질특성의 구명이 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 청보리의 비닐겉수 및 저장기간에 따른 사료가치 및 사일리지 품질 특성을 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료

시험재료는 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부에서 개발한 내탈립성 삼차망 청보리 품종인 유호보리를 사용하였다.

2. 재배방법 및 사일리지 조제

본 시험은 2012년 10월부터 2014년 10월까지 2년간 전북 익산에 소재한 국립식량과학원 답리작 시험포장에서 실시하였다. 파종방법은 휴림파산파를 하였고, ha당 파종량은 220 kg이었다. 시비량은 청보리 표준시비량인 ha당 N₂ 118 kg, P₂O₅ 74 kg, K₂O 39 kg를 기준으로 하였는데, 이 중 질소는 기비로 40%, 추비로 60% 나뉘어 사용하였으며, 인산과 칼리는 전량 기비로 사용하였다. 모든 작물의 병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기타 재배 및 생육조사 등은 국립식량과학원 표준재배법 (NICS, 2010) 과 농업과학기술 연구조사분석기준 (RDA, 2012)에 의하여 실시하였다. 유호보리의 출수일은 4월 27일이었고, 수확은 농가의 현장사정을 반영하여 유숙기(5월 18일)와 황숙기(5월 27일)로 나뉘어 2차례 실시하였다. 사일리지는 각 수확 시기에 맞춰 원형곤포로 조제하였으며, 비닐랩핑겹수를 4겹과 6겹으로 하여 처리구당 3롤씩 조제하였다. 사일리지의 저장기간은 2, 4, 6, 12개월로 나뉘어 샘플링 후 사료가치와 발효품질을 분석하였다.

3. 사료가치 분석

분석용 시료는 수확기와 저장기간별로 반복마다 1 kg씩 시료를 취하여 70℃ 순환식 건조기에 60시간 이상 건조한 후 건물 중량을 칭량하여 건물함량을 산출한 다음 이를 분쇄기로 분쇄하여 사료가치 분석에 이용하였다. 시료의 조단백질은 AOAC (1995) 방법으로, neutral detergent fiber

(NDF)와 acid detergent fiber (ADF)는 Goering and Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. Total digestible nutrients (TDN)는 ADF와 NDF는 건물소화율 및 섭취량과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 $TDN(\%) = 88.9 - (0.79 \times \%ADF)$ 의 계산식을 이용하여 산출하였다 (Holland et al., 1990).

4. 사일리지의 pH 및 유기산 분석

pH는 시료 10 g에 3차 증류수 100 ml를 넣고 4℃로 맞추어 shaking incubator에 넣어 24시간 추출시킨 후 상층액을 취하여 ph meter (Denver, USA)를 이용하여 측정하였다. 유기산은 pH에서와 같은 방법으로 상층부를 취한 후 여과지 (Whatman No. 2)로 여과를 거친 후 다시 0.45 µm syringe 필터로 최종 여과를 거친 후 HPLC (Waters, Germany)를 이용하여 분석하였다. 유기산의 분석조건은 Table 1과 같다.

Table 1. HPLC conditions for the analysis of organic acids

Items	Conditions
Column	SUPELCOGEL™ C-610H
Detector	UV, 210 nm
Flow rate	0.5 ml/min
Solvent	0.1% Phosphoric acid
Absorbance	210 nm
Injection volume	20 µl

5. 통계분석

이 실험에서 얻어낸 데이터는 SAS Ver. 9.1 program (SAS, 2002)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

III 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 수량성

유호보리의 생육특성 및 수량성은 Table 2와 같다. 유호보리의 출수기는 4월 27일이었으며 초장은 평균 99cm이었다. 생초수량은 유숙기가 황숙기보다 많았지만 통계적인 차이는 없었고, 건물수량과 TDN 수량은 황숙기에서 유의적으로 높았다 (p<0.05). Hwang et al. (1985)는 보리, 호밀,

Table 2. Growth characteristics and forage yield of whole crop barley

Harvest stages	Heading date	Plant height (cm)	Number of spikes (No/m ²)	Yield (MT ha ⁻¹)		
				Fresh	Dry matter	TDN
Milk ripe stage	April 27	98	864	39.6	9.1 ^b	5.6 ^b
Yellow ripe stage	April 27	101	828	34.7	11.5 ^a	7.9 ^a
Mean	April 27	99	846	37.2	10.3	6.8

^{a,b} Means in the same column with different letter were significantly different (p<0.05).

밀, 트리티케일 등은 수확시기가 늦어질수록 건물수량이 증가한다고 보고하였는데, 본 시험에서 사용된 유호보리도 황숙기의 건물수량이 유숙기보다 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 후기로 갈수록 식물체의 섬유소함량과 종실 중 전분함량이 증가하여 건물함량이 높아지기 때문이다.

2. 비닐겹수 및 저장기간에 따른 사료가치

비닐겹수 및 저장기간에 따른 유호보리의 수확시기별 사료가치는 Table 3, 4와 같다. 조단백질 함량은 유숙기와 황숙기 모두 저장 2, 4, 6, 12개월에서 사일리지 제조 전에 비해 높아지는 경향을 보였고, 저장기간이 길어질수록 약간 높은 값을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. 비닐겹수에 따라서는 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 약간 높은 값을 보였다. NDF와 ADF 함량도 저장 2, 4, 6, 12개월에서 사일리지 제조 전보다 높은 경향을 보였는데, 저장기간에 따라서는 비슷한 값을 보였다. 비닐겹수에 따라서는 유숙

기와 황숙기에 수확한 처리구 모두 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 유의적으로 높은 값을 나타냈다 (p<0.05). 가소화영양소 총량은 저장 2, 4, 6, 12개월에서 모두 사일리지 제조 전보다 낮은 경향을 보였고, 저장기간에 따라서는 비슷한 값을 보였으며, 비닐겹수에 따라서는 비슷하거나 6겹에서 낮은 값을 보였다. Heo et al. (2005)는 사료맥류 사일리지의 저장기간 동안 조단백질, NDF와 ADF 함량은 증가하였다고 보고하였고, Cottyn et al. (1985)도 사일리지 저장기간 동안 조단백질과 조섬유 함량은 증가하고 NFE의 함량은 감소하였다고 보고하였다. Kim et al. (2001)은 벧짚 사일리지에서 ADF 함량은 발효가 진행됨에 따른 증가되었다고 보고하였고, Gordon (1989)와 Patterson et al. (1997)은 사일리지 조제 후 섬유소 함량이 증가된다고 보고하였다. 그 원인은 사일리지의 발효에서 미생물들이 주로 가용성탄수화물을 기질로 이용하기 때문에 이들의 손실이 전체 건물 중에 단백질과 섬유소 함량의 상대적인 증가를 초래한 것으로 판단된다.

Table 3. Changes in feed value according to film layers and storage period in milk ripe stages of whole crop barley

Film layers	Storage period (Month)	Feed value (%)			
		CP ¹⁾	NDF	ADF	TDN
4 layers	0	9.5	58.5 ^B	34.8 ^B	61.4
	2	9.8	60.5	37.1	59.6
	4	10.7	59.0	35.6	60.8
	6	11.1	58.2	34.9	61.3
	12	10.9	59.6	35.7	60.7
	Mean		10.6	58.6 ^B	35.8 ^B
6 layers	2	10.5	64.0	39.9	57.3
	4	10.8	62.1	38.6	58.4
	6	11.4	61.3	37.7	59.1
	12	11.5	62.1	38.6	58.4
	Mean		11.1	62.4 ^A	38.7 ^A

^{A,B} Means in the same column with different letter were significantly different (p<0.05).

¹⁾ CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, TDN : Total digestible nutrients.

Table 4. Changes in feed value according to film layers and storage period in yellow ripe stage of whole crop barley

Film layers	Storage period (Month)	Feed value (%)			
		CP1)	NDF	ADF	TDN
4 layers	0	7.7	45.4 ^C	25.2 ^C	69.0 ^A
	2	7.9	48.3	25.8	68.5
	4	8.1	48.7	29.2	65.8
	6	8.4	46.4	29.9	65.3
	12	8.5	47.6	26.2	68.2
	Mean		8.2	47.8 ^B	27.8 ^B
6 layers	2	8.2	52.6	32.2	63.5
	4	8.5	49.3	31.0	64.4
	6	8.7	49.6	30.0	65.2
	12	8.7	52.7	31.2	64.3
	Mean		8.5	51.1 ^A	31.1 ^A

^{A-C} Means in the same column with different letter were significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber, TDN : Total digestible nutrients.

2. 비닐겹수 및 저장기간에 따른 사일리지 발효품질

비닐겹수 및 저장기간에 따른 유호보리의 수확시기별 사일리지 발효품질은 Table 5, 6과 같다. pH는 저장기간이 길어짐에 따라 낮아지는 경향을 보였고, 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 4겹보다 낮은 값을 보였으며, 수확시기에 따라서는 유숙기에 수확한 것이 황숙기보다 pH가 낮은 값을 나타냈다. 유기산 함량에서는 저장기간이 길어짐에 따라 젖산함량은 높아지는 경향을 보였고, 초산함량은 낮아지는

경향을 보였으며, 낙산함량도 증가하는 경향을 나타내었다. 비닐겹수에 따라서는 유숙기와 황숙기 모두 6겹에서 4겹보다 유의적으로 높은 젖산함량을 보였고 ($p < 0.05$), 초산은 비슷한 값을 보였으며, 낙산은 4겹에서 6겹보다 높은 값을 나타냈다 ($p < 0.05$). 비닐겹수 및 저장기간에 따라서 4겹에서는 6개월 이후에는 사일리지 품질이 떨어지는 것을 확인할 수 있었고, 6겹에서는 12개월까지 사일리지 품질이 유지되는 것을 확인할 수 있었다. Kim et al. (2001)은 원형베일 생볏짚 사일리지의 저장기간에 따른 비닐겹수는 6개월 이

Table 5. Changes in organic acid and quality grade according to film layers and storage period in milk ripe stage of whole crop barley

Film layers	Storage period (Month)	pH	Organic acid (% DM)			Flieg's score	Grade
			Lactic	Acetic	Butyric		
4 layers	2	4.6	2.83	0.91	0.38 ^c	78	2
	4	4.5	2.94	1.21	0.50 ^b	72	2
	6	4.5	2.97	1.50	0.71 ^b	64	2
	12	4.4	2.54	0.52	1.29 ^a	56	3
	Mean		4.5	2.82 ^B	1.04	0.72 ^A	—
6 layers	2	4.5	2.92	1.17	0.29 ^b	78	2
	4	4.5	2.96	1.06	0.50 ^a	74	2
	6	4.3	3.03	1.06	0.54 ^a	74	2
	12	4.3	3.08	1.24	0.69 ^a	68	2
	Mean		4.4	3.00 ^A	1.13	0.51 ^B	—

^{a-c, A, B} Means in the same column with different letter were significantly different ($p < 0.05$).

Table 6. Changes in organic acid and quality grade according to film layers and storage period in yellow ripe stage of whole crop barley

Film layers	Storage period (Month)	pH	Organic acid (% DM)			Flieg's score	Grade
			Lactic	Acetic	Butyric		
4 layers	2	4.7	2.15	1.21	0.19 ^d	72	2
	4	4.6	2.45	1.06	0.47 ^e	70	2
	6	4.5	2.31	1.02	0.87 ^b	55	3
	12	4.5	2.35	1.14	1.23 ^a	46	3
	Mean	4.6	2.32 ^B	1.11	0.69 ^A	—	—
6 layers	2	4.6	2.50	1.40	0.16 ^b	75	2
	4	4.5	2.89	1.03	0.25 ^b	76	2
	6	4.5	2.91	1.05	0.72 ^a	70	2
	12	4.4	2.97	1.17	0.87 ^a	66	2
	Mean	4.5	2.82 ^A	1.16	0.50 ^B	—	—

^{a-d, A, B} Means in the same column with different letter were significantly different ($p < 0.05$).

내 저장 시에는 4겹 이상, 그리고 10개월 저장 시에는 6겹 이상이 추천된다고 보고하였는데, 청보리 사일리지도 장기 저장을 할 경우에는 6겹으로 하는 것이 유리하고, 4겹으로 처리했을 경우 6개월 안에 사용하는 것이 유리하다고 판단된다. Charmley (2000)는 저장기간에 따른 사일리지의 발효는 수분, 가용성탄수화물, 박테리아 종류, 밀봉상태 등 요인과 관련된다고 보고하였고, 사일리지 내 산소함량 또한 미생물의 변화에 영향을 주는 요인 중 하나로, 산소는 호기성 미생물과 곰팡이를 번식시킨다고 알려져 있다(Filya et al., 2000). 비닐겹수가 적으면 저장기간이 길어짐에 따라 밀봉상태에 영향을 미쳐 산소가 유입될 수 있어 사일리지 내 혐기상태를 유지하기 어렵고, 또한 외부의 손상도 쉽게 받아 사일리지 품질을 저하시키는 것으로 생각된다. 현실적으로 조사료 제배농가에서 비닐값에 대한 부담과 사일리지 품질등급화에 따른 가격차별화 등 여러 가지를 고려한 사일리지 품질에 대한 더 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 요약

이 연구는 비닐겹수 및 저장기간 따른 청보리 사일리지의 사료가치 및 사일리지 품질특성을 구명하고자 수행하였다. 조단백질 함량은 저장기간 모두 사일리지 제조 전에 비해 높아지는 경향을 보였고, 저장기간이 길어질수록 약간 높은 값을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다. 비닐겹수에 따라서는 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 높은 경향이 었다. NDF와 ADF 함량은 저장기간 모두 사일리지 제조

전보다 높은 경향을 보였고 ($p < 0.05$), 저장기간에 따라서는 비슷한 값을 나타냈다. 비닐 겹수에 따라서는 6겹 처리한 처리구가 4겹보다 더 높은 값을 나타냈다. TDN 함량은 저장기간 모두 사일리지 제조 전보다 낮은 경향을 보였고, 저장기간에 따라서는 비슷한 값을 보였다. 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 다소 낮은 값을 보였다. pH는 저장기간이 길어짐에 따라 낮아지는 경향을 보였고, 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 4겹보다 낮은 값을 보였다. 유기산 함량에서는 저장기간이 길어짐에 따라 젖산함량은 약간 증가하는 경향을 보였고, 초산함량은 낮아지는 경향을 보였으며 낙산함량은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 비닐겹수에 따라서는 6겹에서 4겹보다 높은 젖산함량과 낮은 낙산함량을 보였다 ($p < 0.05$). 따라서 청보리 사일리지는 장기저장을 할 경우에는 6겹으로 하는 것이 유리하고, 4겹으로 처리했을 경우 6개월 안에 사용하는 것이 유리하다고 판단된다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업 (세부과제명: 양질 다수성 청보리 신품종 개발, 세부과제번호: PJ009196)의 지원에 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.) Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.

- Charmley, E. 2000. Towards improved silage quality-A review. Crops and Livestock Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Nappan, Nova Scotia, Canada BOL 1C0.
- Cottyn, B.G., Boucque, C.H.V., Fiems, L.O., Vanacker, J.M. and Buysse, F.X. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. *Grass and Forage Science*. 40:119-125.
- Gordon, F.J. 1989. An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Science*. 44:169-179.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y. and Weinberg, Z.G. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Animal Feed Science and Technology*. 88:39-46.
- Goering, H.K. and Van Soest. P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook 379*, U.S. Gov. Print. Office Washington, DC.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
- Heo, J.M., Lee, S.K., Lee, I.D., Lee, B.D. and Bae, H.C. 2005. Effect of different growing stages of winter cereal crops on the quality of silage materials and silages. *Journal of Animal Science and Technology*. (Korea.) 47(5):877-890.
- Hwang, J.J., Sung, B.R., Youn, K.B., Ahn, W.S., Lee, J.H., Chung, K.Y. and Kim, Y.S. 1985. Forage and TDN yield of several winter crops at different clipping date. *Korean Journal of Crop Science*. 30(3):301-309.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Seo, S., Park, G.J. and Yoon, S.H. 2001. Effect of storing method and film layers on the quality of round baled fresh rice straw silage. *Journal of the Korean Grassland and Forage Science*. 21(2):75-80.
- National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (RDA). 2010. Task performance plan for test research business. pp. 45-54.
- Patterson, D.C., Mayne, C.S., Gordon, F.J. and Kilpatrick, D.J. 1997. An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. *Grass and Forage Science*. 52:325-335.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research(I). pp. 315-374.
- SAS. 2002. SAS system Release 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- (Received February 3, 2015 / Revised March 3, 2015 / Accepted March 5, 2015)